
*Scheuer, D.; Berger, Gotthard; Müller, Reinhard; Kornhaas, Ingolf;
Gens, Wolfgang :*

***Beitrag zur mikroprozessorgestützten Regelung eines
stromwechselrichtergespeisten asynchronen
Drehstromantriebes***

Zuerst erschienen in:

28. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium 1983,
Vortragsreihe A1: Automatisierung der Elektrotechnik / Technische
Hochschule Ilmenau : IWK. - Ilmenau : Hochschule, ISSN 0374-3365,
Bd. 28 (1983), 1, S. 89-91

D. SCHEUER/ G. BERGER/ R. MÜLLER/
I. KORNHAAS/ W. GENS

Beitrag zur mikroprozessorgestützten Regelung eines stromwechselrichtergespeisten asynchronen Drehstromantriebes

1. Einleitung

Im Ergebnis der Entwicklung der Mikro- und Leistungselektronik stehen geeignete Wechselrichter zur Speisung von Drehstromasynchronmaschinen mit einem in Amplitude von Spannung oder Strom und Frequenz einstellbaren Dreiphasensystem zur Verfügung. Mit der Raumvektormethode nach Kovacs und Racz /1/ und der feldorientierten Regelung (FOR) nach Blachhks /2/ wurden die theoretischen Voraussetzungen für die dynamisch hochwertige Drehzahlregelung einer Drehstromasynchronmaschine mit Kurzschlußläufer (DASMK) geschaffen. Gegenwärtig sind die Bemühungen darauf gerichtet, Regelprinzipien, die eine gute Dynamik derartiger Antriebe gewährleisten, zu erarbeiten, und gleichzeitig den Hardwareaufwand für die dazu notwendige Informationsverarbeitung zu senken, indem diese durchgehend auf Mikroprozessorbasis ausgeführt wird.

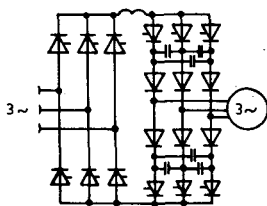


Bild 1: Laboranordnung des Leistungsteile

Bei der verwendeten Laboranordnung handelt es sich um einen Umrichter mit eingepprägtem Zwischenkreisstrom. Der Netzstromrichter ist eine 6-Puls-Brückenschaltung, der über eine Zwischenkreisdrossel mit einem nach dem Prinzip der Phasenfolgelöschung arbeitenden Wechselrichter verbunden ist.

2. Das Prinzip der FOR

Mit der Anwendung der FOR bei der Drehzahlregelung der stromwechselrichtergespeisten DASMK soll die voneinander entkoppelte Einflußnahme auf die Flußverkettung und das Drehmoment über zwei Steuergrößen erreicht werden. Im Ergebnis der Verknüpfung beider Steuergrößen wird ständig ein Sollvektor für den netz- und den maschinenseitigen Stromrichter gebildet und damit der Betrag und die Phasenlage des Ständerstromvektors entsprechend den Forderungen der FOR gesteuert. Der Stromwechselrichter stellt aufgrund des Kommutierungsvorganges ein Totzeitglied dar. Im stationären geregelten Betrieb des Antriebes kommt diese Totzeit nicht zur Wirkung. Sie schränkt bei dynamischen Vorgängen die entkoppelte Einflußnahme auf Flußverkettung und Drehmoment ein, wenn nicht zusätzliche Maßnahmen getroffen werden. Es hat sich eine von der Totzeit des Stromwechselrichters abhängige Verstärkung der Phasenlage des Sollwertes des Ständerstromvektors als zweckmäßig erwiesen. Ihre prinzipielle Realisierung ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

3. Die Wechselrichtertotzeit

Die Kommutierung im Wechselrichter erfolgt in drei Stufen. Zuerst findet die Thyristorkommutierung, dann die lineare Kondensatorumladung und schließlich die Diodenkommutierung statt. Der der Totzeit entsprechenden Winkel μ ist hauptsächlich von der linearen Kondensatorumladung abhängig, da die Dauer der Thyristorkommutierung vernachlässigbar und die der Diodenkommutierung relativ konstant ist.

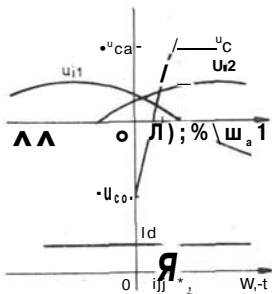


Bild 2: Strom- und Spannungsverläufe während der Kommutierung

u_{i1}, u_{i2} : Strangspannungen der DASMK
 u_C : Kondensatorspannung
 i_{ca} : Zwischenkreisstrom
 u_{T1} : Zündzeitpunkt des Thyristors
 u_{c0} : Zeit der linearen Kondensatorumladung
 i_D : Zeit der Diodenkommutierung

Für die lineare Kondensatorumladung und die Diodenkommutierung gelten folgende Gleichungen:

$$t_{D1} = \frac{3}{2} \cdot \frac{L_K}{U_{d0}} \cdot \frac{U_{d0}}{U_{dN}} \cdot \frac{1}{\omega_s} \quad (1)$$

$$t_{D2} = \frac{1}{\omega_s} \cdot \frac{U_{d0}}{U_{dN}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{L_K}{C_K} \quad (2)$$

mit ω_s : Statorfrequenz
 C_K : Kommutierungskapazität
 L_K : Streuinduktivität der DASMK
 U_{d0} : verkettete Maschinenspannung

Die Dauer der linearen Kondensatorumladung wird vom Zwischenkreisstrom und von der Kondensatorspeicherung, die ein Maß für die Frequenz des Wechselrichters und den Belastungszustand der DASMK ist, bestimmt. Nimmt man an, daß die FOR einen konstanten Fluß einprägt, so kann man eine eindeutige Abhängigkeit der Totzeit von der Frequenz und dem Zwischenkreisstrom feststellen.

4. Möglichkeiten der Erfassung der Wechselrichtertotzeit

Ausgehend von den Ursachen der Wechselrichtertotzeit gibt es zwei Möglichkeiten, diese zu bestimmen. Einerseits kann sie analytisch berechnet werden. Andererseits kann sie direkt aus Signalen ermittelt werden, die in der Informationsverarbeitung zur Regelung oder im Wechselrichter zugänglich sind. In beiden Fällen muß die Totzeit in den entsprechenden Winkel umgerechnet werden. Die Addition dieses Winkels zum Winkel des Ständerstromvektors bildet die Vorsteuerung.

4.1. Analytische Methoden

Mit den Gln. (1) und (2) läßt sich der Winkel für die Kommutierungszeit berechnen. Diese Methode ist unzuverlässig, da das Rechenprogramm zu umfangreich und damit zu zeitaufwendig ist. Da die Totzeit im wesentlichen eindeutig von der Frequenz des Wechselrichters und dem Zwischenkreisstrom abhängig ist, kann dieser Zusammenhang in Form einer Tabelle aufbereitet werden.

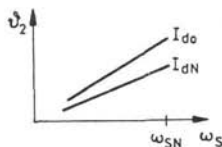


Bild 3: Abhängigkeit des Totzeitwinkels μ von der Frequenz ω_s und dem Strom I_j

U_{d0} : Nennfrequenz
 I_{dN} : Nennstrom der DASMK
 I_{d0} : Leerlaufstrom der DASMK

Der in Abhängigkeit von der Frequenz gespeicherte Winkel μ wird mit dem Zwischenkreisstrom bewertet. Diese Variante ist mit dem Mikroprozessor U 880 leicht zu

realisieren.

4.2. Messtechnische Methoden

Da die Löschkondensatoren am gesamten Kommutierungsvorgang beteiligt sind, kann der Winkel ϵ_{sw} direkt aus der Dauer des Stromflusses durch die Kondensatoren bestimmt werden. Diese Methode hat den Nachteil, daß zusätzlich eine Stromerfassung notwendig ist. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Zeitspanne zwischen dem Zündzeitpunkt des jeweiligen Thyristors ($O_s, t=0$) und dem Beginn des Stromflusses in der dazugehörigen Phase der DASMK ($O_s, t=2/\omega$) zu messen.

5. Die Winkelregelung zur Korrektur des Sollwertes des Ständerstromvektors

Innerhalb der FOR stehen die Phasenlagen der Vektoren des Ständerstromsoll- und -istwertes zur Verfügung. Wertet man die Phasendifferenz aus und setzt einen Regler ein, so wird der korrigierte Sollwinkel ϵ_{sw}^s soweit vorgesteuert, bis Sollwinkel ϵ_{sw}^s und Istwinkel ϵ_s^s übereinstimmen. Der durch die Totzeit entstehende Phasefehler spiegelt sich in der Differenz $\epsilon_{sw}^s - \epsilon_{sw}^s$ wider.

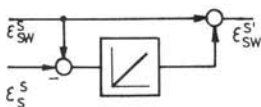


Bild 4: Prinzip der Winkelregelung

ϵ_{sw}^s : Winkel des Ständerstromsollvektors

ϵ_s^s : Winkel des Ständerstromistvektors

$\epsilon_{sw}^{s'}$: Winkel des vorgesteuerten Ständerstromsollvektors

Bei der Realisierung dieser Variante ist keine zusätzliche Hardware notwendig, und das Programm des Mikroprozessors erweitert sich unwesentlich.

6. Zusammenfassung

Es wurden die Ursachen der Wechselrichtertotzeit dargelegt und die Notwendigkeit einer Winkelregelung postuliert. Die Totzeit kann direkt erfaßt und zur Vorsteuerung der Phasenlage des Ständerstromsollvektors verwendet werden. Durch die Erfassung der Phasenlage zwischen Ständerstromsollvektor und Ständerstromistvektor und die Auswertung der Differenz mit Hilfe eines Regelkreises kann die Totzeit im dynamischen Betrieb kompensiert werden. Im zugehörigen Vortrag werden die realisierten Varianten vorgestellt und bisher erreichte Ergebnisse bewertet.

Literatur

- /1/ Transiente Vorgänge in Wechselstrommaschinen / Kovacs, K. P.; Racz, I. - Verlag der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest, 1959
- /2/ Das Verfahren der Feldorientierung zur Regelung der Drehfeldmaschine / Blaschke, F. - Dissertation, Technische Universität Braunschweig, 1974

Verfasser

Dipl.-Ing. D. Scheuer, Forschungsstudent
 Dr.-Ing. G. Berger, wissenschaftlicher Assistent
 Dipl.-Ing. R. Müller, wissenschaftlicher Assistent
 Dipl.-Ing. I. Kornhaas, Forschungsstudent
 Dr.-Ing. W. Gens, Dozent
 TH Ilmenau, Sektion Elektrotechnik,
 6300 Ilmenau, PSF 327